

ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA  
MANAGUA, NICARAGUA, C.A.

ESTUDIO DE LA ADAPTACION Y ESTABILIDAD FENOTIPICA DE  
23 VARIEDADES DE SORGO GRANIFERO EVALUADAS EN NICARAGUA

TESIS

EDGARDO MEJIA ALVARADO

1974

ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA  
MANAGUA, NICARAGUA, C.A.

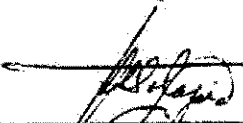
ESTUDIO DE LA ADAPTACION Y ESTABILIDAD FENOTIPICA DE  
23 VARIEDADES DE SORGO GRANIFERO EVALUADAS EN NICARAGUA

TESIS

EDGARDO MEJIA ALVARADO

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL GRADO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRONOMO.

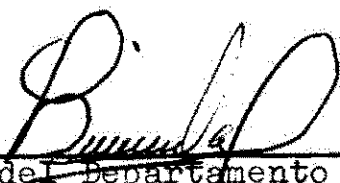
Aprobada:

  
\_\_\_\_\_  
Asesor Principal

13 ENE 1975  
\_\_\_\_\_  
Fecha

  
\_\_\_\_\_  
Director de la Escuela

13 ENE 1975  
\_\_\_\_\_  
Fecha

  
\_\_\_\_\_  
Jefe del Departamento

13 ENE 1975  
\_\_\_\_\_  
Fecha

## DEDICATORIA

- A: Hilario Mejía Miranda  
Socorro Alvarado Ramírez  
Mis queridos padres.
- A: Guionar Talavera de Mejía  
Mi adorable Esposa.
- A: Edgardo Hilarnulf  
Mi Hijo con inmenso cariño.
- A: Augusto, María del Socorro, René,  
María, Alina e Hilario  
Mis Hermanos.
- A: Luis Mejía Mejía (q. e. p. d.)  
Sabina Mejía de Mejía (q. e. p. d.)  
Alberto Ramírez Valdez (q. e. p. d.)  
Gregoria Alvarado Gómez  
Mis queridos y recordados Abuelos.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco:

Principalmente a mi asesor, el Ing. Humberto Tapia B. M.S. que me brindó su valiosa cooperación en la consecución de este estudio, lo mismo que en la etapa estudiantil con sus sabios consejos.

AL: Ing. Miguel López y Sra. Ing. Aleyda Juárez de López que inicialmente atendieron mis consultas sobre este estudio.

AL: Programa de Mejoramiento de Sorgo del CEIEA. del MAG. de Nicaragua que por medio del Ing. José A. González me facilitaron los datos para realizar este estudio.

AL: Ing. Aurelio Llano e Ing. Laureano Pineda por su valiosa cooperación.

AL: Todos mis Profesores y Compañeros que me legaron sus conocimientos.

## CONTENIDO

Sección	Página
INDICE DE CUADROS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
I. INTRODUCCION.....	1
II OBJETIVOS.....	3
III REVISION DE LITERATURA.....	4
IV MATERIALES Y METODOS.....	7
V RESULTADOS.....	12
VI DISCUSION... ..	23
VII CONCLUSIONES.....	27
VIII RESUMEN.....	28
IX LITERATURA CITADA.....	30

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	página
1 Componentes de los ambientes en donde fueron evaluadas 384 variedades de sorgo granífero.- Nicaragua. 1964 - 1973.....	10
2 Rendimientos de grano en kilogramos por hectárea por años y localidades donde se evaluaron grupos de variedades de sorgo granífero.- Nicaragua. 1964 - 1973.....	17
3 Rendimiento en kilogramos por hectárea y coeficientes de regresión calculados en 23 variedades de sorgo granífero evaluados en once localidades de Nicaragua.- 1964 - 1973.	21
4 Significancia estadística, de los coeficientes de regresión de 23 variedades de sorgo granífero evaluadas en once localidades de Nicaragua.- 1964 - 1973.....	22

## INDICE DE FIGURAS

Figura	página
1	Diagrama patrón para la interpretación del comportamiento de variedades de sorgo granífero en Nicaragua.- 1964 - 1973.....11
2	Representación gráfica de los ambientes por año, en base al rendimiento de variedades de sorgo granífero evaluadas en cada <u>lo</u> calidad época y año.....18
3	Líneas de regresión correspondientes a variedades de sorgo granífero que se apartan del promedio poblacional. 1964 - 1973....19
4	Ubicación de las variedades de acuerdo a su rendimiento de grano en función de la media de ambientes y su estabilidad fenotípica.- 1964 - 1973.....20

## I N T R O D U C C I O N

Los técnicos del programa de Mejoramiento de Sorgo Granífero de Nicaragua durante mucho tiempo, han hecho y siguen haciendo esfuerzos por seleccionar del material existente las variedades de Sorgo granífero más prometedoras y sin descuidar la introducción de variedades de otros países, las cuales han sido evaluadas en distintos ambientes de Nicaragua; sin haber medido en forma cuantitativa la adaptabilidad y estabilidad fenotípica de éstos materiales como respuesta al conjunto de ambientes naturales.

La contribución del ambiente a la expresión fenotípica de un carácter, es un factor que requiere cuidadosa atención de parte del investigador dedicado al mejoramiento de plantas cultivadas. Cuando la contribución ambiental representa una proporción considerable del valor fenotípico, el efecto de la selección se reduce y el progreso del mejoramiento resulta lento; bajo ésta circunstancia, individuos que exhiben características promisorias en determinado ambiente pueden resultar inadecuados en un ambiente diferente.

En los trabajos modernos de mejoramiento de plantas se considera indispensable determinar el comportamiento de variedades, híbridos, líneas o clones en condiciones variables del ambiente y por ésta razón los investigadores prueban sus selecciones en diferentes años y diversas localidades antes de recomendar el uso comercial de ellas. (2).



De esta manera, más que cualquier otro factor singular, ha sido la causa de que se lleve a cabo éste estudio y se use la medida cuantitativa de ambientes naturales de un grupo grande de variedades, que proporciona el análisis de regresión de los rendimientos de las variedades evaluadas, de sorgo granífero; en los ensayos efectuados a través del programa de Mejoramiento de Sorgo de Nicaragua.

La importancia de este estudio es el de identificar a cada variedad dentro del rango de adaptación y estabilidad fenotípica del grupo estudiado, analizadas en un diagrama de dispersión de dos dimensiones; con el rendimiento promedio y el coeficiente de regresión como coordenadas para cada variedad.

Los resultados de este estudio pueden emplearse como base para programas de introducción y mejoramiento de las variedades de sorgo granífero en Nicaragua, sobre todo en la selección de variedades. De esta forma la estabilidad fenotípica y las características fisiológicas y morfológicas del grupo de variedades con adaptabilidad específica o general, son discutidas en relación a la introducción y producción de variedades de sorgo granífero.

## OBJETIVOS

Evaluar la adaptación y la estabilidad fenotípica de 23 variedades de sorgo granífero en base a su rendimiento de grano, en ambientes de Nicaragua.

## REVISION DE LITERATURA

El mayor rendimiento de las plantas depende en gran parte de su capacidad para aprovechar mejor el agua, la energía lumínica, las sustancias nutritivas y en general podría llamarse adaptación al medio (1).

Se han usado diseños experimentales y métodos de estudio que tienden a evaluar por separado la variación debida al medio ambiente, de la variación debida a la herencia y, por tanto, pocas veces se toman en cuenta la interacción de ambas que pueden ser muy importantes, como lo indican Haldane (9); Mather y Morley (16) y Jones y Mather (12).

Se han ideado métodos como el considerado por Sprague y Federer (23), que determinan el número óptimo de años, lugares y repeticiones para maximizar el interés genotípico. Otro método es el de Prescott (19), estima la cantidad de agua del suelo necesaria para el crecimiento de las plantas, establece amplias diferencias y mide la adaptabilidad y complejidades de los medios ambientes naturales que establecen las diferencias.

Frankel (6) señaló que conociendo las demandas para las variedades mejor adaptadas para condiciones cambiantes el productor se enfrenta con escoger plantas, ya sea para condiciones ecológicas específicas o para condiciones más extensas que incluyan una amplitud considerable de ambientes.

Plaisted y Peterson (19), Inner, Hayes y Powers (11), Salmon (21), Horney y Frey (10), Sandison y Bartlett (22) han discutido de los métodos, y problemas de comparar el comportamiento de las variedades en varios medios y durante varios años. En sus trabajos las interacciones variedad por localidad o variedad por estación fueron las medidas básicas de adaptabilidad.

En un campo relacionado, la investigación de la estabilidad fenotípica (Homeostasis) llevado a cabo por Lerner (13), Lewis (14), Dobzhansky etc. al (3), Williams (24), Griffing y Langridge (8) y otros, han proporcionado un conocimiento detallado y fundamental, acerca de la naturaleza en cuanto al significado de la adaptación tanto en plantas como de animales. Estos estudios, la mayoría llevados a cabo bajo condiciones de ambientes controlados, proporcionaron información fundamental acerca de la estabilidad fenotípica, heterosis y respuesta a cambios ambientales.

Usando los conceptos de Mather y sus colaboradores, Finlay y Wilkinson (5) han utilizado como medida del medio ambiente natural el rendimiento promedio de un gran número de variedades, tratan de evaluar la reacción de las variedades individuales, que también pueden ser líneas y progenies segregantes, por su interacción con diferentes medios ambientes. Por el método se pueden explicar las causas mayores de desviación, de regresión en el grupo, para un año

y localidad en particular, especialmente cuando ocurren ataques de enfermedades o cambios en el ambiente (5). Este procedimiento fué utilizado por López (15) para estudiar la adaptabilidad y estabilidad fenotípica de 21 variedades de maíz evaluadas en Centroamérica y Panamá.

El método anterior fué modificado por Eberhart y Russell (4) al introducir un parámetro para medir la estabilidad fenotípica además del coeficiente de regresión lo cual ello es heredable en la respuesta de adaptación del genotipo de la variedad.

## MATERIALES Y METODOS

Se obtuvo datos de una población de 384 variedades de sorgo granífero, provenientes de las diversas investigaciones realizadas por el programa de mejoramiento de Sorgo del Centro de Enseñanza Investigación y Extensión Agrícola (CEIEA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Nicaragua; se incluyeron variedades comerciales y colección mundial.

Se usó el método de regresión lineal para comparar el comportamiento del conjunto de variedades sembradas en varias localidades, épocas de siembra y años.

Para realizar el estudio de adaptación y estabilidad fenotípica se consideraron características tales como:

- a) años de estudio.
- b) número de ambientes.

Sólo se informa de una muestra de 23 variedades de sorgo granífero evaluadas en once localidades de Nicaragua en un total de 72 ambientes. Las variedades muestreadas incluidas son aquellas que presentan información de por lo menos cinco años de sembradas en primera, postrera y a veces de riego.

Los rendimientos de grano en un período de diez años (1964 - 1973), se obtuvieron de los sumarios de ensayos de sorgo granífero del programa de Mejoramiento de Sorgo del CEIEA del MAG en Nicaragua. Los rendimientos de grano se

uniformaron al doce por ciento de humedad.

Para medir la respuesta varietal en un grupo grande de Nicaragua, se calculó el coeficiente de regresión lineal de rendimiento individual, sobre el rendimiento promedio de todas las variedades para cada localidad y año con su respectiva época de siembra. De esta forma el rendimiento promedio de un grupo grande de variedades, es usado para describir un ambiente natural complejo sin las dificultades de definir o analizar los factores de interacción edáfica y estacional. (5).

Los promedios de rendimiento y coeficientes de regresión fueron transformados a logaritmo, para obtener linealidad en las regresiones de las producciones individuales en las medias de localidad.

El análisis del comportamiento del total de variedades estudiadas, se facilitó por el uso de un gráfico de dos dimensiones "Diagrama de Dispersión", con el rendimiento y el coeficiente de regresión como coordenadas para cada variedad.

Para el análisis de la estabilidad fenotípica de las variedades estudiadas, se relacionaron todas las variedades con la media general de rendimiento o media de población, que tiene un coeficiente de regresión de  $b = 1.00$  alrededor del cual se compararon. Para la interpretación de los resultados se utilizó los conceptos presentados en la figura 1.

El análisis de regresión del rendimiento varietal se llevó a cabo con la información de once localidades. Los ambientes favorables se representan por barras de mayor altura en la abscisa y expresan las localidades en orden de magnitud ascendente; que permitieron el estudio.

En la ordenada se informan los ambientes de las localidades cuantificados en toneladas de grano por hectárea. Cada uno de los conjuntos de barras, representan que tan favorables fueron los ambientes por año, lo cual se aprecia por el promedio dado en kilogramos por hectárea.



Cuadro 1. Componentes de los ambientes en donde fueron evaluados 384 variedades de sorgo granífero.- Nicaragua 1964 - 1973

Departamento	Localidad	Sitio	Años										Ambientes
			1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	
Managua	Managua	Santa Rosa	(3)	(4)	(3)	(2)	(4)	(1)		(1)	(1)		19
		INAG 1/					(7)	(9)	(2)				18
Estelí	Estelí	Estelí		(2)									2
Matagalpa	San Isidro	La Barbacoa				(1)							1
	Matagalpa	Liceo Agríc.							(2)	(2)	(1)	(2)	7
Chontales	Juigalpa	Liceo Agríc.							(1)				1
Chinandega	Posoltega	Conal					(2)	(1)		(4)	(3)	(2)	12
	Chinandega	Liceo Agríc.									(1)		1
Granada	Granada	Liceo Agríc.							(2)				2
Rivas	Rivas	Escuela Inter racional de Agricultura.							(2)	(2)	(1)	(2)	7
Masaya	Los Altos	San Jerónimo									(1)		1
León	León	Proyecto Ade- lante Km. 84 c.Mga-León.									(1)		1
Total	11												72

( ) número entre paréntesis indica la frecuencia en que se establecieron ensayos en cada sitio  
1/ Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería.

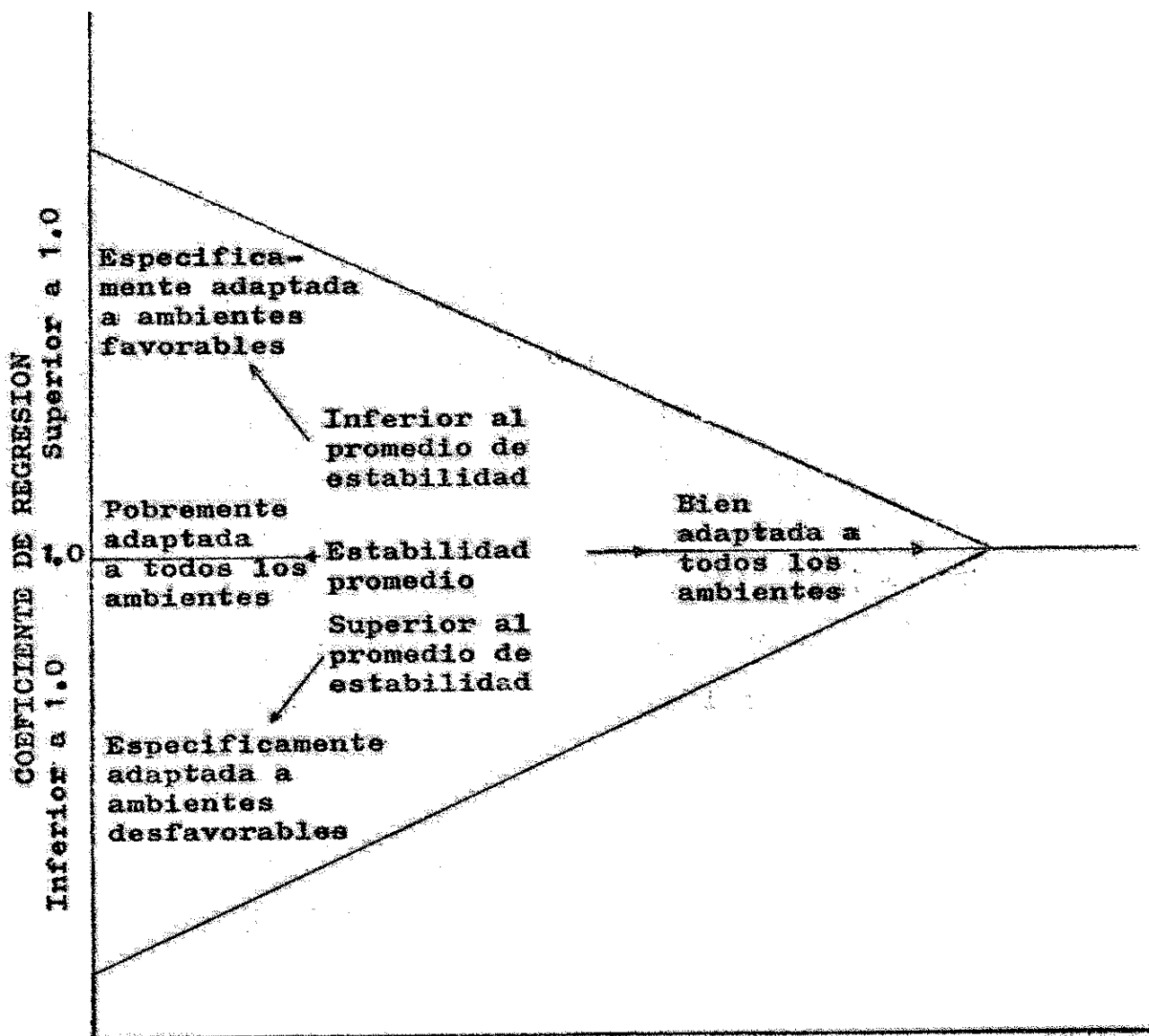


Figura 1.- Diagrama patrón para la interpretación del comportamiento de variedades de sorgo granífero en Nicaragua, 1964-1973.

## RESULTADOS

A partir de los sumarios de ensayos de sorgo granífero se obtuvieron los resultados del rendimiento individual por variedad y ambiente, cuadro 2, de los cuales se lograron las informaciones necesarias para el estudio de los ambientes cuantificados por el rendimiento varietal. La interpretación puede ser aplicada a la Fig. 2. Siendo Liceo Agrícola de Matagalpa (LAM), Escuela Internacional de Agricultura de Rivas (EIA), Comisión Nacional del Algodón Posoltega (CONAL), Proyecto Adelante León (PA), Los Altos Masaya (LA), ambientes de altos rendimientos; a su vez La Barbacoa Sébaco (LB), La Quinta Estelí (LQ), Liceo Agrícola de Chontales (LACHO) y Santa Rosa, Managua (SR) presentan ambientes de bajo rendimiento para el sorgo granífero. También a partir de los sumarios se obtuvieron los coeficientes de regresión lineal.

La media de población y las líneas de regresión para seis de las variedades se muestran en la figura 3 para indicar los diferentes tipos de respuestas varietal al conjunto de ambientes.

En el cuadro 3, se presenta la información de los dos índices importantes para el análisis de las 23 variedades de **sorgo granífero**; los que pueden ser aplicados a los datos graficados en la figura 4, donde cada variedad está solo representada por un punto. La posición del punto es lo que indica el tipo de adaptabilidad y el comportamiento del

rendimiento promedio de cada variedad. A las variedades E-57, Hégary, C-42 a, NK-133, F-61, F-63 y NK-280 se les han asignado signos individuales para permitir una comparación directa entre sí. Todas las demás variedades están señaladas uniformemente.

Las variedades que presentan mayores rendimientos, con respecto al grupo estudiado o al rendimiento medio de población, figura 4, C-42 a, C-42-Y, BR-64, Flare, E-57, Double-TX y Jumbo-C, rindieron más que P-846, F-61, NK-300, NK-280 y DD-50, con rendimientos situados cerca de la media de población.

Las variedades de bajo rendimiento con relación a la media de población fueron Hégary, Nk-310, Nk-227, P-820, F-63, Nk-222, F-65, Nk-133, Nk-125, C-44-B y Rico.

La línea de regresión de la variedad Hégary es típica de las variedades sensibles a cambios del medio ambiente, con estabilidad menor al promedio, cambios ligeros en el ambiente producen modificaciones fuertes en el rendimiento. Esta variedad produjo poco grano, a medida que el ambiente mejora el rendimiento aumenta, figura 3 y cuadro 3.

La línea de regresión de la variedad E-57 muestra sensibilidad a cambios en el medio ambiente, indica ser sensible a ambientes favorables; con estabilidad ligeramente menor al promedio cuanto mejor es éste su línea de regresión se separa de la media poblacional; figura 3. El rendimiento de grano de E-57 en Fosoltega (1972) fué tan bueno como el de C-42a Nk-300 y C-42Y, en Matagalpa (LAM)

(1970) tan bueno como el Double-Tx. Estelí (1965) se presenta como ambiente de bajo rendimiento. Las líneas de regresión de las variedades C-42y Double-Tx y P-820 no se incluyen por su similitud a la de E-57.

La línea de regresión de la variedad C-42a muestra una estabilidad promedio, se caracteriza por ser casi paralela a la media poblacional. C-42a produjo rendimientos superiores a la media poblacional en todos los ambientes, lo que indicó una adaptabilidad general, figura 3, cuadro 3. Su línea de regresión está situada por encima de la media poblacional. Igual comportamiento presenta la variedad Rico, pero su línea de regresión está situada debajo de la media poblacional por ser de menor rendimiento, figura 3.

La línea de regresión de las variedades Flare, Junbo-C, DD-50 y Nk-280, muestran muy pocos cambios en el rendimiento a pesar de grandes cambios producidos en el medio ambiente; estabilidad superior al promedio, lo cual indica ser poco afectadas. Son de rendimientos ligeramente superiores al de la media poblacional, figura 3, por su similitud só lo se muestra la correspondiente a Nk-280.

La línea de regresión de las variedades F-65, P-846, C-44b, F-63 y Nk-222 tienden a separarse de la media poblacional indicando ser poco afectadas por fluctuaciones en el ambiente; estabilidad superior al promedio.

Estas variedades producen rendimientos superiores al promedio, en ambientes de baja productividad, pero siendo insensible a cambios en el ambiente. Son típicamente adaptables a ambientes de baja productividad. Son de rendimiento ligeramente inferior a la media poblacional, figura 3, cuadro 3, por su similitud solo se grafican resultados Nk-222.

Las líneas de regresión de las variedades Nk-227, Nk-125, BR-64; Nk-310, Nk-133, F-61 y Nk-300 no se incluyeron por confundirse con la media poblacional, y son de adaptabilidad general, su coeficiente de regresión tiene valor próximo a  $b=1.00$  y se sitúan en el centro de dispersión, figura 4.

En general las variedades estudiadas se adaptan bien al rango de ambientes que predominan en Nicaragua donde fueron evaluadas. No obstante; la variedad Hegary tiende a adaptarse en ambientes de alto rendimiento por su estabilidad notablemente inferior al grupo de variedades estudiadas; con coeficiente de regresión  $b=1.56$ .

La variedad Nk-280 tiende a adaptarse a ambientes de bajo rendimiento por su estabilidad notablemente superior al grupo estudiado, con coeficiente de regresión  $b=0.60$ , figura 3 y 4.

Las variedades Nk-280, Flare, F-65, Jumbo-C, P-846, C-44b, F-63, Nk-222 y DD-50; tienden a adaptarse a ambientes desfavorables mostrando estabilidad ligeramente supe-

rior al promedio. En sentido opuesto Hégary, E-57, C-42y y Double-~~Tx~~ tienden a adaptarse a ambientes favorables, por lo que resultan ser de estabilidad ligeramente inferior al promedio y se caracterizan por coeficientes de regresión con valores próximos a  $b=1.00$ , figura 4 y cuadro 3. El resto de las variedades se adaptan bien al rango de ambientes de Nicaragua y son de estabilidad promedio. La variedad C-42a es la que se comporta mejor del grupo estudiado, en contraposición la variedad Hégary; figura 3, cuadro 3. La variedad Hégary y las otras con coeficiente de regresión mayor que  $b=1.00$  no mostraron significancia estadística, cuadro 3 y 4.

El promedio de estabilidad fenotípica fue de  $b=0.9098$ .

Cuadro 2. Rendimientos de grano en kilogramos por hectárea, por año y localidades donde se evaluaron granos de variedades de sorgo granífero. Nicaragua 1964 - 1973

1970		1973		1972		1969		1971		1966		1964		1968		1965		1967	
Loc. <u>1/</u>	Ren. <u>2/</u>	Loc.	Ren.	Loc.	Ren.	Loc.	Ren.	Loc.	Ren.	Loc.	Ren.	Loc.	Ren.	Loc.	Ren.	Loc.	Ren.	Loc.	Ren.
				Pos. <u>3/</u>	7164														
Mat. <u>4/</u>	9444			León	6215			Mat.	5253										
Riv.	6855	Mat.	8107	Mat.	5277	Man. <u>5/</u>	5169	Pos.	5101					Man.	4609	Man.	2529	Man.	2340
Man.	5994	Riv.	6040	Mas. <u>6/</u>	5181	Fos.	4969	Man.	3925	Man.	4424	Man.	4113	Pos.	2859	Est. <u>7/</u>	1694	S.Is. <u>8/</u>	1642
Gra. <u>9/</u>	4677	Pos.	3727	Riv.	5105			Riv.	3730										
Jui. <u>10/</u>	3848			Man. <u>11/</u>	5028														
				Chi.	3639														
Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
6163		5958		5381		5069		4502		4424		4013		3733		2111		1991	

1/ Loc: Localidad

2/ Ren : Rendimiento

3/ Pos: Posoltega

4/ Mat: Matagalpa

5/ Man: Managua

6/ Mas: Masaya

7/ Est: Estelí

8/ S.Is.: San Isidro

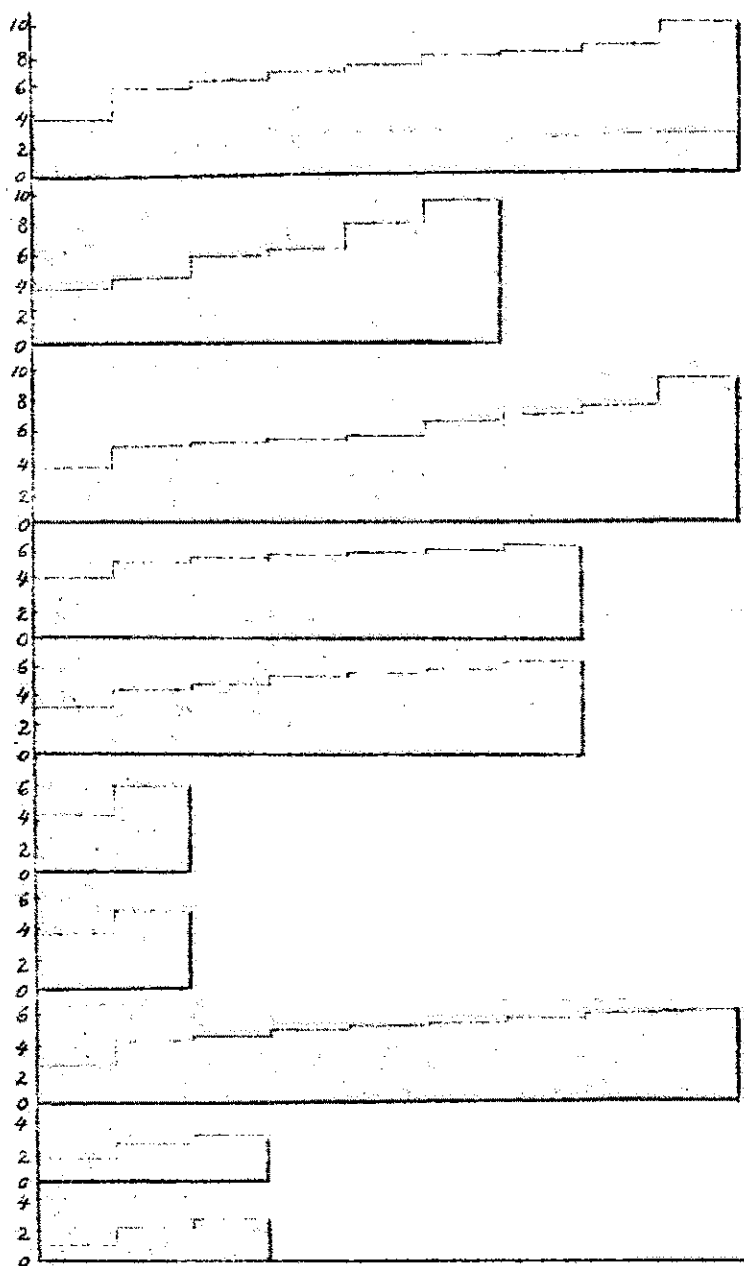
9/ Gra: Granada

10/ Jui: Juigalpa

11/ Chin: Chinandega.



TONELADAS POR HECTAREA DE GRANO

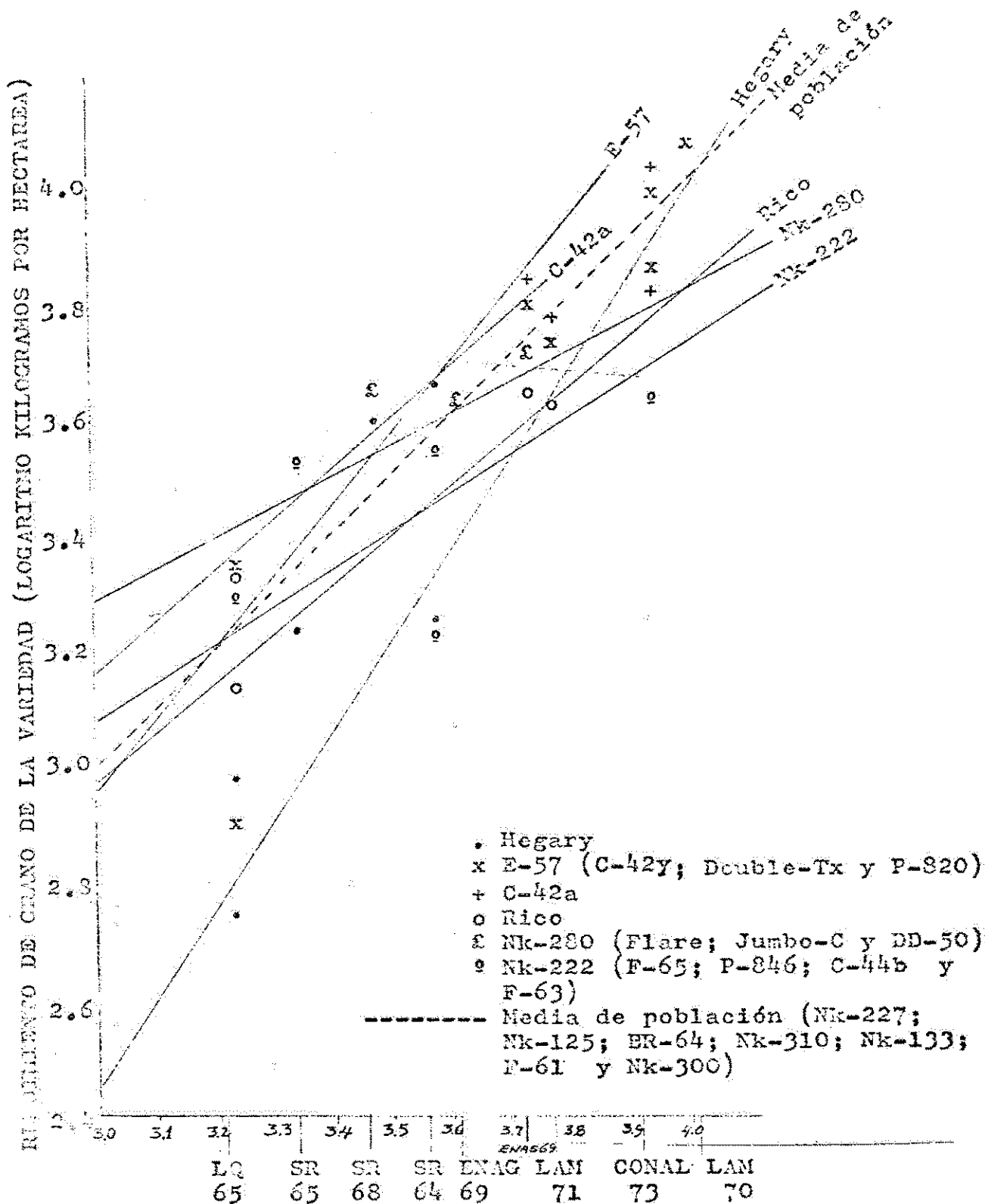


LACHO LAG LAG ENAG ENAG EIA EIA LAM LAM  
 CONAL CONAL EIA EIA LAM LAM  
 LCH SR EIA LA LAM PA CONAL PA CONAL  
 ENAG CONAL SR ENAG ENAG ENAG ENAG  
 EIA SR EIA LAM CONAL CONAL LAM  
 SR SR  
 SR SR  
 SR SR  
 CONAL SR ENAG SR ENAG SR ENAG SR ENAG  
 LA SR SR  
 LA SR SR

AÑO	Kg./ Ha.
1970	6163
1973	5958
1972	5381
1969	5069
1971	4502
1966	4424
1964	4013
1968	3733
1965	2111
1967	1991
AÑO	Kg./ Ha.
1970	6163
1973	5958
1972	5381
1969	5069
1971	4502
1966	4424
1964	4013
1968	3733
1965	2111
1967	1991

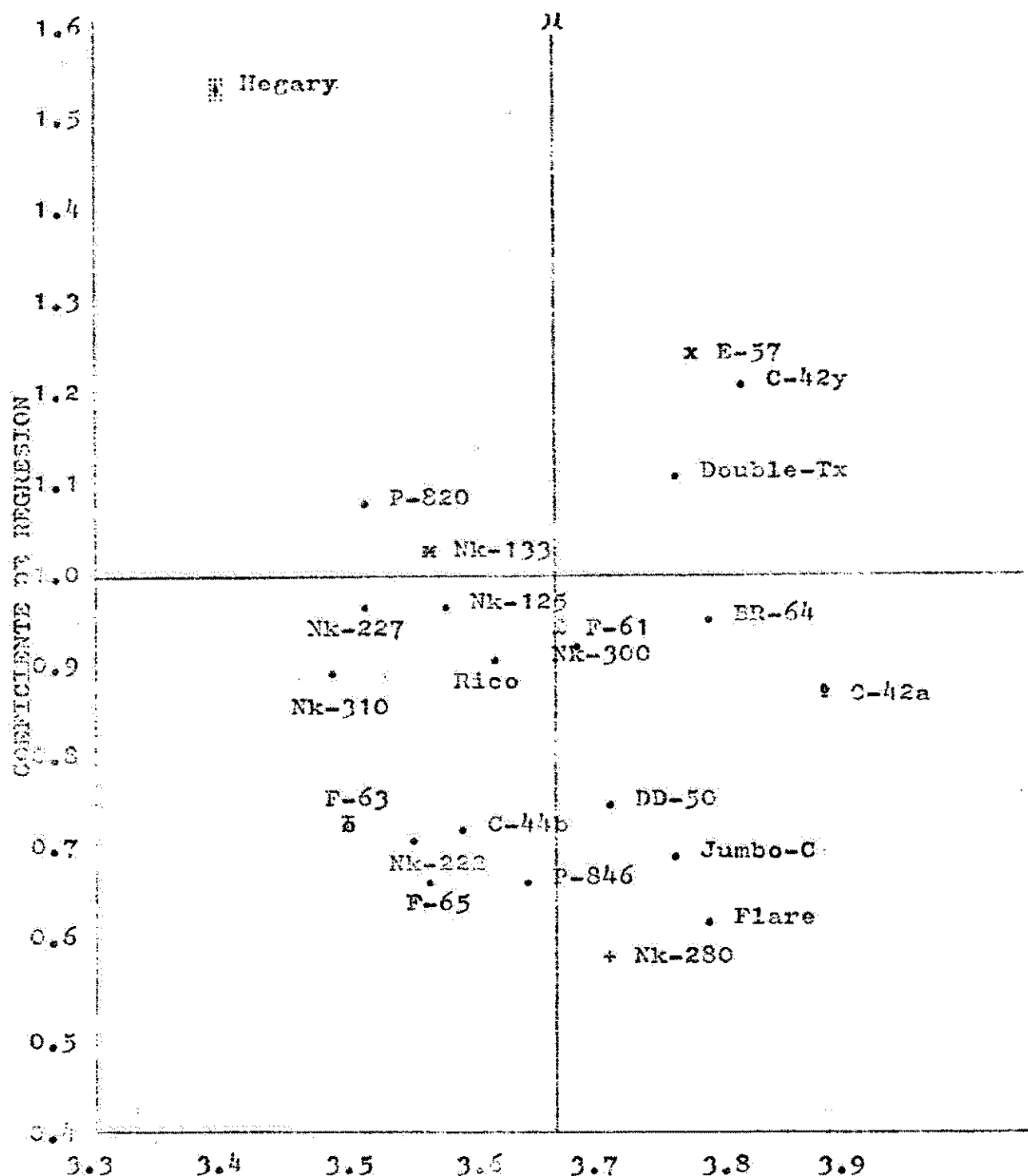
AMBIENTES

Figura 2.- Representación gráfica de los ambientes por año en base al rendimiento de variedades de sorgo granífero evaluadas en cada localidad, época y año.



RENDIMIENTO POR AMBIENTE (LOGARITMO KILOGRAMOS POR HECTAREA)

Figura 3.- Líneas de regresión correspondientes a variedades de sorgo granífero que se apartan del promedio poblacional. 1964-1973.



RENDIMIENTO VARIETAL (LOGARITMO MILCGRAMOS POR HECTAREA)

Figura 4.- Ubicación de las variedades de acuerdo a su rendimiento de grano en función de la media de ambiente y estabilidad fenotípica, 1964- 1973.

Cuadro 3. Rendimiento en kilogramos por hectárea y coeficientes de regresión calculados en 23 variedades de sorgo granífero evaluadas en once localidades de Nicaragua - 1964 - 1973.-

Variedad 1/	Origen	Kilogramos por Hectárea	Variedad 2/	Coeficiente de Regresión
C-42a	Dekalb	7259	Nk-280	0.6044
C-42y	Dekalb	6307	Flare	0.6422
BR-64	Dekalb	6277	F-65	0.6883
Flare	ASC 3/	6210	Junbo-C	0.7015
E-57	Dekalb	5918	P-846	0.7009
Double-Tx	ASC	5793	C-44b	0.7086
Junbo-C	ASC	5641	F-63	0.7411
DD-50	Dekalb	5202	Nk-222	0.7446
Nk-280	NK 4/	5104	DD-50	0.7650
Nk-300	NK	4863	C-42a	0.8762
F-61	Dekalb	4640	Nk-310	0.8964
P-846	Pioneer	4414	Rico	0.9247
Rico	ASC	4097	Nk-300	0.9392
C-44b	Dekalb	4066	F-61	0.9583
Nk-125	NK	3917	BR-64	0.9621
Nk-133	NK	3744	Nk-125	0.9840
F-65	Dekalb	3728	Nk-227	0.9957
Nk-222	NK	3623	Nk-133	1.0401
F-63	Dekalb	3349	P-820	1.0752
P-820	Pioneer	3320	Double-Tx	1.1002
Nk-227	NK	3316	C-42y	1.1075
Nk-310	NK	3210	E-57	1.2108
Hegary		2500	Hegary	1.5617
Media de Población		4630	Estabilidad promedio	0.9098

1/ Ordenadas por rendimiento; 2/ Ordenadas por estabilidad fenotípica; 3/ Asgrow Seed Co; 4/ Northrup King

Cuadro 4. Significancia estadística de los coeficientes de regresión de 23 variedades de sorgo granífero evaluadas en once localidades de Nicaragua.  
1964 - 1973

Variedad	Grados de Libertad	Sb 1/	t Calculada	Significancia Estadística
G-42a	18	0.4183	0.2593	N.S.
C-42y	23	0.5662	0.1898	N.S.
BR-64	28	0.6156	0.0615	N.S.
Flare	15	0.3531	1.0135	N.S.
E-57	47	1.2712	0.1658	N.S.
Double-Tx	20	0.6158	0.1627	N.S.
Junbo-C	15	0.3856	0.5430	N.S.
DD-50	13	0.4814	0.4881	N.S.
NK-280	13	0.2659	1.5501	N.S.
NK-300	13	0.7621	0.0849	N.S.
F-61	33	0.9865	0.0422	N.S.
P-846	21	0.6725	0.4447	N.S.
Rico	21	0.7195	0.0991	N.S.
C-44b	22	0.5872	0.4962	N.S.
NK-125	23	0.0252	0.0156	N.S.
NK-133	10	0.8225	0.0487	N.S.
F-65	21	0.6519	0.3291	N.S.
NK-222	17	0.7074	0.3610	N.S.
F-63	12	0.5219	0.4967	N.S.
P-820	12	2.1505	0.0349	N.S.
NK-227	9	0.5699	0.0075	N.S.
NK-310	14	0.5877	0.1762	N.S.
Hegary	22	1.1613	0.4836	N.S.

1/ Desviación Standar de Regresión; 2/ N.S.: No significativo.

## DISCUSION

El uso del presente estudio da un valor del comportamiento promedio de un grupo grande de variedades ha proporcionado una medida abstracta del medio ambiente (Media de localidad).

Este valor resulta un método útil para evaluar cuantitativamente localidades y épocas; figura 3. Las medias de localidad ilustran la importancia de la variabilidad estacional como un factor principal del medio ambiente en la región estudiada.

La media de localidad más alta ocurrió en el año 1970, en Matagalpa (LAM) y fué el ambiente de más alto rendimiento; la media de localidad más baja se obtuvo en el año 1967 en San Isidro (La Barbacoa) y fué ambiente de bajo rendimiento, figura 2 y 3.

Las variedades Nk-227, Nk-125, BR-64, F-61, Nk-310, C-42a Nk-133, Nk-300, Rico y P-820, mostraron estabilidad promedio como se puede apreciar en la figura 4 y cuadro 3.

Si el coeficiente de regresión es mayor de  $b=1.00$ , muestra una estabilidad menor al promedio como es el caso de las variedades Hegary, E-57, C-42y y Double-Tx Figura 4 y cuadro 3. Bajo las condiciones más favorables sus respuestas son dinámicas produciendo mayores rendimientos. Por el contrario si se le someten a ambientes de bajo rendimiento serán afectadas sensiblemente produciendo menor rendimiento.

Si el coeficiente de regresión es menor que  $b=1.00$ ; muestra estabilidad superior al promedio, como en el caso de las variedades Nk-280, Flare, F-65, Jumbo-C, P-846, C-44b, F-63, Nk-222 y DD-50. Estas variedades muestran poca alteración en sus rendimientos en ambientes de bajo y alto rendimiento. Figura 4 y cuadro 3.

La magnitud de los parámetros  $b$  y  $S_b$  (cuadros 3 y 4) indican estabilidad promedio para buen número de variedades; por una parte los coeficientes de regresión son similares y cercanos a la unidad; la magnitud del componente de desviación de regresión no es significativo dentro del grupo de variedades. La línea de regresión de la media de población comparada con la de cada una de las variedades sirve para determinar la adaptabilidad de éstas.

En la figura 3 se muestran éstas líneas de regresión para el promedio general y 6 de las variedades que indican los diferentes tipos de respuestas varietal al conjunto de ambientes evaluados. Se puede observar que Hegary es inferior en rendimiento al promedio general de todas las variedades en todos los ambientes. Nk-280 y Nk-222 son superiores al promedio, en ambientes de bajo rendimiento, pero no en ambientes de alto rendimiento.

La variedad E-57 es ideal usarla en ambientes de alto rendimiento es mayor al promedio general y produce más que otras variedades en ambientes de alto rendimiento.

La variedad C-42a muestra estabilidad promedio y buena adaptabilidad general en todos los ambientes.

La variedad Rico presenta una estabilidad promedio pero de rendimiento menor al promedio general. Muestra una tasa de aumento favorable en su rendimiento al situarla en ambientes de alto rendimiento.

En la figura 4, se muestra el comportamiento de cada variedad con relación a su estabilidad ambiental. Las variedades C-42a, BR-64, Nk-300 y F-61 muestran rendimientos altos y coeficientes de regresión próximos a 1.00 por consiguiente se catalogan como de adaptabilidad general. Flare, Jumbo-C, DD-50 y Nk-280 con rendimientos altos y coeficientes de regresión inferiores a 1.00 son variedades adaptadas a ambientes de bajo rendimiento. E-57, C-42y y Double-~~Tx~~ de altos rendimientos y coeficientes de regresión superior a 1.00 muestran adaptación a ambientes de alto rendimiento.

En la selección de variedades para un programa de mejoramiento de cultivos, se debe relacionar el rendimiento de la variedad con el ambiente donde se evalúa ésta, y no eliminarla por producir menos que su grupo; este mismo criterio se usa al recomendar variedades comerciales.

El conocimiento de la estabilidad fenotípica de la variedad debe ser la base, para su selección, lo cual permitirá el máximo aprovechamiento de las localidades que ofrezcan condiciones adecuadas para el cultivo de sorgo granífero en Nicaragua. Así, si se considera solo el rendimiento como criterio de selección en los programas de introducción y mejoramiento podría llevar a descartar material valioso y la reducción de la tasa de mejoramiento



varietal. Esto podría indicar que aunque fuera posible definir las características para dar plantas ideales adaptables a ambientes específicos sería mucho más difícil definir todas las combinaciones posibles de un conjunto de características necesarias para proporcionar una buena adaptabilidad general a un grupo de condiciones ecológicas ampliamente variables.

La variedad ideal que tenga adaptabilidad general es, la que tenga el máximo potencial de rendimiento en el ambiente más favorable y la máxima estabilidad fenotípica (5). De las variedades del presente estudio la que más se ajusta a ese ideal es C-42a , Figura 4.

## C O N C L U S I O N E S

- 1.- La variedad E-57, C-42y ; Double-Tx y P-820 se comportan mejor en ambientes favorables.
- 2.- Las variedades Flare, Junbo-C, DD-50, Nk-280, F-65, C-44b , P-846, F-63 y Nk-222 se comportan mejor en ambientes desfavorables.
- 3.- Las demás variedades muestran adaptación general en las que se destacan C-42a y BR-64 por el alto potencial de rendimiento que poseen.

## RESUMEN

Se analizó la adaptación y estabilidad fenotípica de 23 variedades de sorgo granífero usando los rendimientos en grano obtenidos al evaluarlas en un período de diez años (1964-1973), en once localidades de Nicaragua. Para el análisis se usaron las variedades muestreadas que presentaron resultados de cinco años, por lo menos, y sembradas de primera postrera y algunas de riego.

El estudio de adaptación de la población total de variedades se facilitó por la transformación de los rendimientos a escala logarítmica, ya que por este medio se induce linealidad y homogeneidad del error experimental.

Para cada variedad se calculó el coeficiente de regresión lineal de rendimiento individual, utilizando como variable dependiente el rendimiento de la variedad en cada localidad y año con su respectiva época de siembra y como variable independiente, el promedio del rendimiento de todas las variedades por localidad y año con su respectiva época de siembra, como medida del ambiente.

Los dos índices importantes en este tipo de análisis fueron el coeficiente de regresión y el rendimiento de la variedad en todos los ambientes, que graficados como coordenadas en un plano de dos dimensiones "Diagrama de dispersión" facilitó la identificación de la adaptación de cada variedad y su grado de estabilidad fenotípica, lo mismo que las líneas de regresión.

El rendimiento de todas las variedades por cada sitio y época proporcionaron una clasificación cuantitativa de los medios ambientes y debido al análisis descrito, pueden ser identificables las variedades específicamente adaptadas a buenas ó malas estaciones, y las que muestran una estabilidad general.

Fué estudiada la adaptación de variedades de sorgo granífero provenientes de los centros de distribución comercial: DEKALB, PIONEER, NORTHRUP KING, ASGROW SEED CO en su mayoría.

Fué evidente tanto en el rendimiento como en la sensibilidad al medio ambiente (al representarse por el coeficiente de regresión) la variación de respuestas de las variedades.

Como puede apreciarse en las respuestas extraordinarias del genotipo en distintos ambientes.

Las variedades analizadas presentaron variación específicamente definidas; muchas de las cuales se adaptaron bien a los ambientes en donde se evaluaron (con coeficiente de regresión próximos a  $b=1.0$ ) otro grupo como el caso de Nk-280, Flare con estabilidad notablemente superior al grupo estudiado, se adaptan bien a ambientes desfavorables. Por otro lado Hégary, E-57 tienden a adaptarse a ambientes favorables.

## LITERATURA CITADA

- 1.- BRAUER, H.O. 1969. Fitogenética Aplicada. Limusa-Wiley S.A. México 518 p.
- 2.- CAMACHO, L.H.M. 1968. Estabilidad y adaptabilidad de líneas homocigotas de frijol, Phascolus vulgaris L. y su implicación en la Selección por rendimiento. Agron. Trop. 18: 211 - 225.
- 3.- DOBZHANSKY, th, et al. 1955. In Finlay, K.y Wilkinson, G. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14:742-754.
- 4.- EBERHART, S.S. y RUSSEL, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6:36-40.
- 5.- FINLAY, K.W. y WILKINSON, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14:742-754.
- 6.- FRANKEL, O.H. 1958. In Finlay, K. y Wilkinson, G. 1963. The analysis of adaptation in plant breeding programme. Aust J. Agric. Res. 14:742-754.
- 7.- GOMEZ, F.P. 1963. Curso de Estadística Experimental. Universidad de Sao Paulo. Brasil. 384 p.
- 8.- GRIFFING, B. y LANGRIDGE, T. 1961. In Finlay, K y Wilkinson, G. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14:742-754.

- 9.- HALDANE, J.B.S. 1946. The interaction of nature and nurture. Ann. Eug. CS. 13:197-205.
- 10.- HORNER, T.W. y FREY, K.J. 1957. Methods for determine natural areas for oat varietal recommendations. Agron. J. 49:313-315.
- 11.- IMMER, F.R., HAYES, H.K., y POWERS, LE Roy. 1934. In Finlay, K. y Wilkinson, G. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14:742-754.
- 12.- JONES, R.M. y MATHER, K. 1958. Interaction of genotype and environment in continuous variation: **II**. Analysis Biometrics, 14:482-498.
- 13.- LERNER, I.M. 1954. In Finlay, K. y Wilkinson, G. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14:742-754.
- 14.- LEWIS, D. 1954. In Finlay, K y Wilkinson, G. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14:742-754.
- 15.- LOPEZ, M.G. 1972. Estudio de la adaptación y estabilidad fenotípica de 21 variedades de maíz evaluadas en Centro América y Panamá. Tesis, Ing. Agr. Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería. Managua, Nicaragua. 37 p. (moneografiada).

- 16.- MATHER, K y MORLEY, J.R. 1958. Interaction of genotype and environment in continuous variation. I Description. Bionetrics. 14:343-359.
- 17.- OSTLE, B. 1963. Estadística Aplicada. Traducción del inglés por Dagoberto de la Serna. Limusa-Wiley. México. D.F. 620 p.
- 18.- PLAISTED, R.L. y PETERSON, L.C. 1959. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. Am. Pot. J. 36:318-385.
- 19.- PRESCOTT. 1962. Comunicación personal a Finlay K. y Wilkinson. G. In Finlay, K. y Wilkinson, G. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme Aust. J. Agric. Res. 14:742-754.
- 20.- PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE SORGO DEL "CEIEA". de Nicaragua. Sumario de los resultados de los años 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973. Ensayos de Sorgo. Archivos del programa de Mejoramiento de sorgo del CEIEA de Nicaragua. CEIEA. MAG. Managua, Nicaragua.
- 21.- SALMON, S.C. 1951. In Finaly, K. y Wilkinson, G. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14:742-754.
- 22.- SANDISON, A. y BARTLETT, B.O. 1958. In Finlay, K. y Wilkinson, G. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme, Aust. J. Agric. Res.

- 23.- SPRAGUE, G.F. y FEDERER, W.T. 1951. In Horner, T.W. y Frey, K.J. 1957. Methoda for determining natural areas for oat varietal recommendations. Agron. J. 49:313-315.
- 24.- WILLIAMS, W. 1960. In Finlay, K. y Wilkinson, G. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14:742-754.